

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-295649

(43)公開日 平成7年(1995)11月10日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 5 D 3/12	3 0 5 L			
B 2 3 Q 15/24				
G 0 5 D 3/00	A			
H 0 1 L 21/68	K			

審査請求 未請求 請求項の数3 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平6-107399

(22)出願日 平成6年(1994)4月25日

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 出口 明信

東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社内

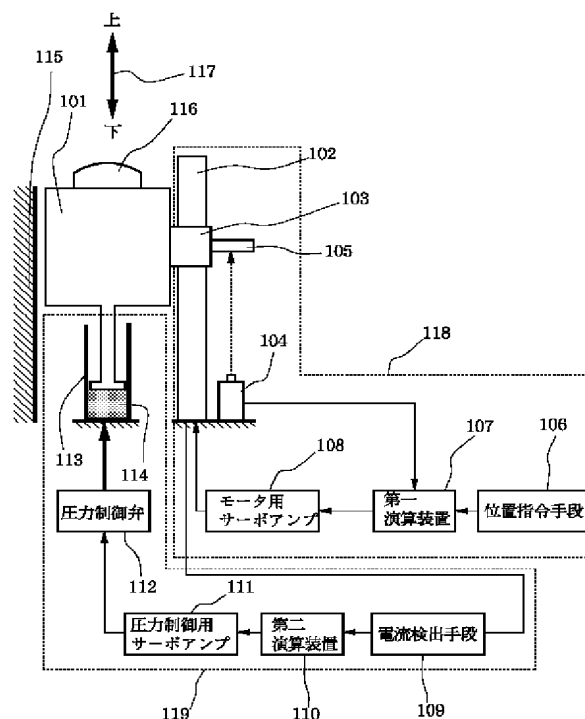
(74)代理人 弁理士 伊東 哲也 (外1名)

(54)【発明の名称】 ステージ制御装置

(57)【要約】

【目的】 よりコンパクトで低消費電力な構成により、応答性を向上させる。

【構成】 重力方向に移動可能に設けられた移動ステージ101、前記移動ステージをフィードバック制御により重力方向に位置決めする位置決め制御部118、および前記移動ステージにかかる重力を補償する重力補償制御部119を備え、前記重力補償制御部は、前記移動ステージに対し重力方向の推力を付与する流体シリンダ113と、位置決め制御部における信号に基づき圧力指令信号を出力する圧力指令信号出力手段109、110、111と、前記圧力指令信号に基づき前記流体シリンダ内の圧力を制御する圧力制御手段112とを有する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 重力方向に移動可能に設けられた移動ステージ、前記移動ステージをフィードバック制御により重力方向に位置決めする位置決め制御部、および前記移動ステージにかかる重力を補償する重力補償制御部を備え、  
前記位置決め制御部は、前記移動ステージの位置を検出する位置検出手段と、前記移動ステージを位置決めすべき目標位置の信号を出力する位置指令手段と、前記位置検出手段により検出された前記移動ステージの現在位置と、前記位置指令手段からの目標位置とに基づき駆動信号を出力する駆動信号出力手段と、前記駆動信号に基づき前記移動ステージを重力方向に駆動する駆動手段とを有し、  
前記重力補償制御部は、前記移動ステージに対し重力方向の推力を付与する流体シリンダと、前記駆動信号もしくはこれに応じて駆動手段内で発生する信号に基づき圧力指令信号を出力する圧力指令信号出力手段と、前記圧力指令信号に基づき前記流体シリンダ内の圧力を制御する圧力制御手段とを有することを特徴とするステージ制御装置。

【請求項2】 駆動手段はリニアモータであることを特徴とする請求項1記載のステージ制御装置。

【請求項3】 圧力指令信号出力手段は前記現在位置と目標位置とを比較演算して前記駆動信号を生成する演算手段を有し、その演算に少なくとも一次以上の積分を含むことを特徴とする請求項1および2記載のステージ制御装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は精密な精度を必要とする切削機、研削機、研磨機等の精密加工機の重力方向に移動する移動ステージの制御装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の重力方向に移動する移動ステージの制御装置の構成を図5に示す。この装置は、重力方向117に可動な移動ステージ101を移動して位置決め制御を行う位置制御部118と、ステージ101の自重を補償する圧力制御部505とを備え、これらが独立した制御を行うものである。

【0003】位置制御部118は、移動ステージ101を駆動するボールネジ303及びモータ301と、移動ステージ101の位置を検出する測長器104と、移動ステージ101の位置を指令する位置指令装置106と、測長器104で検出した移動ステージ101の位置と位置指令装置106からの位置指令とを比較演算し、モータ用サーボアンプ108を介してモータ301に対する推力指令を出力する位置制御回路502とを有する。

【0004】圧力制御部505は、移動ステージ101

の重量をバランスさせる推力を発生する流体を用いたシリンダ113と、シリンダ113内の圧力を検出する圧力センサ501と、移動ステージ101の重量に対し、シリンダ113による推力がバランスする値を指令する圧力指令装置504と、圧力指令値と圧力センサ501の出力を比較し、圧力制御用サーボアンプ111を介して圧力補正值を出力する圧力制御回路503と、圧力補正值に基づきシリンダ113内の圧力を操作する圧力制御弁112とを有する。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この従来例では、圧力センサ501を用いた圧力制御を行っており、シリンダ113内の圧力を正確に測定できるようにセンサ501を配する必要がある。しかしながら、装置をコンパクトにしようとする場合には圧力センサ501の取付が困難であるという問題がある。

【0006】また、重力補償を行う圧力制御部505とステージ位置を制御する位置制御部118とが独立した制御を行うため次に述べるような問題もある。すなわち、上述従来例のような装置構成においてはシリンダ推力がステージ重量とバランスするシリンダ113内の流体圧力値を予め圧力指令装置504に記憶させておく。このため、ステージ駆動を行う以前に、バランスさせるステージ重量を予め何らかの手段で測定しなければならない。しかし、この方法ではステージ101上の被加工物116の交換により被加工物重量が変化した場合にはその都度ステージ重量を測定し直す必要がある。また、ステージ101の重量を予め測定し記憶していても、加工中はステージ101上の被加工物116の加工（切削、研削等）による被加工物質量の減少に対応できない。

【0007】さらに、圧力制御部505は位置制御部118から独立した構成であり、圧力制御はステージ移動によりシリンダ容量が変化した場合に内部の流体114の圧縮・膨張により流体114の圧力が変化するのを抑える制御を行うが、圧力制御部505はステージ101が実際に移動することでシリンダ113内の流体114が圧縮・膨張するのを検出して制御する。このため、ステージ移動開始時には圧力制御部505の応答が遅れる。

また、流体を利用する圧力制御部505は応答時間が遅いのでステージ101の移動中も圧力の追従遅れが生じ、シリンダ推力の誤差が位置制御部118のモータ301の負荷となる欠点がある。例えば、ステージ101が位置制御により上方に移動した場合、シリンダ容量は拡大されるが圧力制御部505の応答速度が遅いのでシリンダ113内の圧力は低下し、シリンダ推力が低下する。この推力低下分を位置制御部のモータ301が移動中は受け持つことになる。特にステージ101の駆動開始時にはステージ101が実際に移動を開始してから圧力制御部が応答を開始するのでシリンダ113内の圧

力誤差が大きくなる。

【0008】また、加工機の加工精度の向上に伴いステージ101の位置決めの高精度化のためにはステージ移動時の摩擦による影響をなくすることができる非接触のリニアモータへの駆動源の変更が有効な手段である。しかし、リニアモータは構成が簡単、かつコンパクトにでき、高精度化への対応ができる反面、減速機構を持つ回転型のモータと比較すると同じ推力を出す場合には電力消費が大きく、発熱量が大きい。精密加工機に於いては駆動源の発熱によるステージの変形は無視できないので、上述従来例の装置でリニアモータを利用するには移動時にモータが発熱するのを防ぐ機構例えばモータの冷却機構が必要である。

【0009】本発明の目的は、このような従来技術の問題点を鑑み、ステージ制御装置において、よりコンパクトで低消費電力な構成により、応答性を向上させることにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため本発明のステージ制御装置は、重力方向に移動可能に設けられた移動ステージ、前記移動ステージをフィードバック制御により重力方向に位置決めする位置決め制御部、および前記移動ステージにかかる重力を補償する重力補償制御部を備え、前記位置決め制御部は、前記移動ステージの位置を検出する位置検出手段と、前記移動ステージを位置決めすべき目標位置の信号を出力する位置指令手段と、前記位置検出手段により検出された前記移動ステージの現在位置と、前記位置指令手段からの目標位置とに基づき駆動信号を出力する駆動信号出力手段と、前記駆動信号に基づき前記移動ステージを重力方向に駆動する駆動手段とを有し、前記重力補償制御部は、前記移動ステージに対し重力方向の推力を付与する流体シリンダと、前記駆動信号もしくはこれに応じて駆動手段内で発生する信号に基づき圧力指令信号を出力する圧力指令信号出力手段と、前記圧力指令信号に基づき前記流体シリンダ内の圧力を制御する圧力制御手段とを有することを特徴とする。

【0011】駆動手段としては、例えば、リニアモータを使用することができる。また、圧力指令信号出力手段は前記現在位置と目標位置とを比較演算して前記駆動信号を生成する演算手段を有し、その演算に少なくとも一次以上の積分を含むのが好ましい。

【0012】

【作用】この構成において、重力補償制御部は駆動手段への駆動信号をフィードバック信号として制御を行なうため、位置検出手段以外のセンサが必要なく、従来例において必要であった流体シリンダ内の圧力を検出する手段が不要となる。したがって、装置がよりコンパクトになる。

【0013】また、位置決め制御により移動ステージを

重力に逆らい可動範囲のある一点に保持する場合、重力補償制御部がない場合には位置決め制御部は駆動手段に対してステージ重量分の推力を生じるように駆動信号が出力され続ける結果、駆動手段が常に発熱し続けるが、重力補償制御部は、駆動信号もしくはこれに応じて駆動手段内で発生する信号、例えばリニアモータへの推力指令やリニアモータに流れる電流値、をフィードバック信号として流体シリンダ内の圧力を制御し、流体シリンダがステージ重量分の負荷を受け持つ推力を発生するため、駆動手段の発熱が抑えられる。また、駆動信号等が常に重力補償制御部にフィードバックされるため、従来例のようにステージ重量を予め設定する必要がなく、被加工物交換等によるステージの重量変化への対応も行なわれ、さらに被加工物の重量が加工によって減少してもリアルタイムの追従による重力補償が行なわれる。

【0014】一般に、シリンダのように流体を利用したシステムは、モータのように電磁力を利用するシステムと比較し応答速度が遅い。すなわち、上述のように、従来のステージ制御装置では、可動範囲において大ストローク（例えばステージの位置決め精度のナノメートル単位に対して数センチ〜数十センチ）の移動時には位置決め制御部はモータを使用してステージの移動を行うが、圧力制御部はステージが実際に移動を開始しシリンダ内の流体の圧縮・膨張が検出されるまで応答しないため、初期の応答が遅れる。更に、流体を利用した圧力制御部の応答速度が遅いので、ステージ移動中はシリンダ内の圧力が目標値に追従しきれず常にモータはこのシリンダの推力誤差分を補償する余分な推力を発生する。また、シリンダ容量の変化に圧力制御部が追従してもシリンダが発生する推力はステージと自重にバランスするためのものであり、ステージの加減速時に必要な推力はモータが供給する必要がある。

【0015】これに対し、本発明では重力補償制御部に対してリニアモータ等の駆動手段への駆動信号等をフィードバックしており、ステージの実際の移動前すなわち駆動手段における推力の発生時に重力補償制御部へこのフィードバック信号が入力されるため、従来例と比較し初期の応答が早い。また、ステージの加減速時には、駆動手段の推力に追従してシリンダの推力が加減されるため、駆動手段は余分な推力を出力する必要がないだけでなく、シリンダによって加減速時の推力が補助され、駆動手段の発熱量は最小限に抑えられる。例えば、等加速度で移動ステージの移動を開始する場合、重力の影響の無い条件のステージに対する理想的なモータの推力曲線は図4の曲線Aで示すようなステップ状の特性を示す。しかし、従来例のようなステージ制御装置では図4の曲線Bで示すように圧力制御部の応答の遅れによって加速開始にはモータの推力は理想値よりも増大し、圧力制御部が追従するまで理想値よりモータの推力は大きい。しかしながら本発明のステージ制御装置を用いた場合に

は、移動開始時においても初期の応答が早いので、図4の曲線Cで示すように、モータ推力が理想値を越える時間は短く、更にシリンダ推力がモータ推力を補助するように制御されるので、モータ推力は序々に下がり、モータの発熱は最小限ですむ。

【0016】また、圧力指令信号出力手段の演算手段における演算が少なくとも一次以上の積分を含む場合には、重力補償のための制御演算に積分を使用し、重力補償制御部のゲインをDC成分～低周波域（例えば数十Hz程度）で強調し、位置決め制御部が応答する高周波領域（例えば数十～数百Hz）は応答しないようにすることにより、大ストローク移動時の加減速時の場合には重力補償制御部が応答して駆動手段の推力を補助し、可動範囲の一点で位置を保持する場合には、駆動信号のDC成分にオフセットなく追従して駆動手段における発熱を防止する。そして、高周波領域の微小な位置決め領域での外乱に対しては、重力補償制御部は応答せず、この帯域ではシリンダ内の流体の圧縮・膨張による弾性力（バネ）で保持された状態であり、微小な位置決め領域では弾性力は十分小さいため（例えば数g）位置決め制御部は高精度な位置決めを行なう。

【0017】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例に係るステージ制御装置の構成を示すブロック図である。この装置において、移動ステージ101は可動方向117以外の方向への動きが拘束されており、可動方向に摩擦の発生しないエアベアリングを利用したステージガイド115で支持されている。この装置は、ステージ101の位置決め制御を行う位置決め制御部118とステージ101にかかる重力を補償するための重力補償制御部119を備える。

【0018】位置決め制御部118は、移動ステージ101を駆動する駆動手段であるリニアモータを有し、これは非接触なものであり、可動子である磁石部103とコイル部102から構成されており、磁石部103は移動ステージ101に固定され、コイル部102に電流を与えることによりステージ101に可動方向117の推力を与える。位置決め制御部118はまた、位置検出手段を有し、これは反射鏡105とレーザ測長器104から構成され、反射鏡105は移動ステージ101に固定され、レーザ測長器104は反射鏡105からの反射によって移動ステージ101の可動方向117の位置を測定する。位置決め制御部118はさらに位置指令手段106、第1演算装置107およびサーボアンプ108を有し、位置決め制御時には、位置指令手段106は算出された目標位置を第1演算装置107へ指令する。第1演算装置107はレーザ測長器104で測定された移動ステージ101の現在位置をフィードバック信号とし、与えられた目標位置と比較した制御の演算例えばPIDの制御演算を行い、位置決め制御のための推力指令値を

出力する。リニアモータ用のサーボアンプ108は電圧→電流変換を行うものであり、第1演算手段107から出力される推力指令を電流に変換し、リニアモータのコイル部102へ供給することにより位置決めの制御を行う。

【0019】重力補償制御部119は位置決め制御時にモータ用サーボアンプ108がリニアモータのコイル部102に与えた電流の推力指令値を検出する電流検出手段109を有する。電流検出手段109は、例えばコイル部102に直列に接続した測定抵抗を有し、測定抵抗の端子電圧を測定することにより推力指令を検出する。重力補償制御部119はまた、第2の演算手段110を有し、これは検出された推力をフィードバック信号として第2の駆動手段である非接触タイプのシリンダ113の推力を演算する。このとき第2演算手段110の演算に少なくとも1個以上の積分演算をいれることでリニアモータのコイル部102に流れる電流をオフセット無くゼロにする制御が行われる。重力補償制御部119はさらに圧力制御用サーボアンプ111、圧力制御弁112、およびシリンダ113を有し、サーボアンプ111は与えられた推力指令値を電流値に変換し、圧力制御手段である圧力制御弁112に供給する。圧力制御弁112は与えられた推力指令値である電流値に基づいてシリンダ113内の流体であるエア114の圧力を変更し、シリンダ113の推力を調整する。シリンダ113は、その一端が移動ステージ101に固定され、推力を移動ステージ101に対し移動方向117の方向に与える。

【0020】ここで、移動ステージ101上に被加工物116を載せた状態で移動ステージ101がその可動範囲内の一点で位置決め制御されている状態から被加工物116を移動ステージ101上から取り除いた状態へ移行する場合について説明する。被加工物116が移動ステージ101上にあって重力補償制御部119がバランスしている状態では、重力補償制御部119はリニアモータのコイル部102に与えられる推力指令である指令電流を電流検出手段109で検出し、これがゼロになるようにシリンダ113の推力を制御しているため、ステージ重量分はシリンダの推力によってバランスされる。このとき移動ステージ101はシリンダ113内のエア114の圧縮・膨張によって生じる弱い弾性力によって支持されている状態である。位置決め制御部118は外乱等によって振動しようとする移動ステージ101を高精度例えば数ナノメートルの単位で位置決めするが、このとき移動ステージ101は可動方向117には弱い弾性力で支持されている状態であるから、リニアモータが発生する推力は外乱に対抗する推力だけで良い。また、この場合にもリニアモータのコイル部102への推力指令は重力補償制御部119にフィードバックされるが、第2の演算手段110において1個以上の積分を挿入しており、高周波成分については応答しないように制御し

ているので、位置決め制御部118は重力補償制御部119の応答速度に関係無く移動ステージ101を高精度に位置決め可能である。ここで被加工物116をステージ101上から取り除くとステージの総重量が減少するのでバランスしていたシリンダ113の推力がステージ101を可動方向の上方に持ち上げようとする。しかし、位置決め制御を行っている位置決め制御部118はこの動きを反射鏡105およびレーザ測長器104の位置検出手段で検知し、上方への動きを抑えるような推力を第1駆動手段であるリニアモータのコイル部102へ与え、ステージが目標位置からずれるのを防ぐ。しかし、リニアモータのコイル部102への推力指令は電流検出手段109で検出され、第2演算手段において新たなシリンダ113の推力指令が算出され制御が行われるので、リニアモータのコイル部102に流れる電流は重力補償制御部119が追従するまでの短時間でゼロになり、シリンダ113の推力と移動ステージ101の重量とがバランスされる。

【0021】次に移動ステージ101がステージの可動範囲内の一点で位置決め制御されている状態から他の一点に移動する場合について説明する。移動ステージ101が位置指令手段106の指令する目標値において位置決め制御部118は位置を制御し、重力補償制御部119はリニアモータの推力指令に追従しシリンダ推力とステージ重量がバランスしている。ここで移動ステージ101を台形駆動するように位置指令手段106が目標位置を生成し移動ステージ101の移動を開始する。台形駆動は加減速が等加速度であるため、加速開始時にリニアモータのコイル部102に与えられる推力指令はステップ指令となる。重力補償制御部119はこの推力指令を電流検出手段109で検出し、制御を開始するので圧力をフィードバックする従来例と比較し応答が早い。また、第2演算手段110に少なくとも1個以上の積分を挿入しているのでシリンダ推力はリニアモータの推力を補助するように追従するため、加速時間が長い場合には加速中に図4の曲線Cで示すようにリニアモータの推力は低下しゼロになるが、加速度は変わらない。

【0022】図2は本発明の第2の実施例を示す。第1の実施例とは重力補償制御部119のモータ推力の指令値の検出手段が異なる。すなわち、位置決め制御部118の第1演算手段107が出力したモータ推力の指令値を分岐し、直接重力補償制御部119の第2演算手段110に入力するようにしており、作用、効果は第1の実施例と同じである。

【0023】図3は本発明の第3の実施例を示す。第2の実施例との違いは第1の駆動手段をモータ301、ネジ部302およびナット部303で構成したことである。本実施例の作用、効果は第1の実施例と同じである。ただし、ネジ部302、ナット部303およびモータ301の摩擦が大きい場合、重力補償制御部119の

精度が悪化するので、摩擦を低減化する必要がある。例えば、ナット部303とネジ部302の接触部をエアベアリング化して静圧ネジとする。

#### 【0024】

【発明の効果】本発明によれば、重力補償制御部は従来例の圧力制御部と異なり駆動信号もしくはこれに応じて駆動手段内で発生する信号をフィードバック信号として使用するようにしたため、次の効果を奏する。

① 圧力センサを設ける必要をなくして装置をよりコンパクトにすることができる。

② 常に重力方向のステージ重量をシリンダ推力で受け持つよう推力の補正を行なうことができる。このため、ステージ重量が被加工物の変更、加工による減少により変化した場合にも、これに追従して重力補償を行ない、駆動手段への負荷の増大を防止することができ、また予めステージの重量を測定する手間を省くことができる。

③ 従来例ではシリンダ内の流体の圧力をフィードバックさせてその圧力を制御するようにしていたため、ステージの移動中は移動によりシリンダ内の流体の圧縮・膨張が生じており、圧力制御部が位置決め制御部の駆動手段の負荷となったが、本発明においては、シリンダ内の圧力は駆動手段の推力に追従するので、ステージ移動中にはシリンダ推力は駆動手段の負荷にはならず、逆に推力を補助し駆動手段の負荷を減少させることができる。

④ さらに圧力指令信号出力手段の演算手段における演算に1次以上の積分を装入することにより、駆動手段の推力に対して重力補償制御部はオフセット無く追従することができ、また、応答が遅い重力補償部が高周波領域の応答をし、これが位置決め制御部のノイズとなることを防ぐ。

⑤ さらに、従来例と異なり上記②、③のようにモータの負荷が減少できるため駆動手段にリニアモータを利用することが容易となり、より高精度な移動ステージの位置決め制御を行なうことができるようになる。

⑥ また、駆動手段としてボールネジや回転モータを使用した場合、モータや減速機構に摩擦があるため位置決め制御部における駆動信号に対し摩擦分の推力指令が付加され重力補償制御部のノイズとなるが、リニアモータを使用することにより、非接触で推力を与えることができるため、更に重力補償制御部の精度を向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の第1の実施例に係るステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の第2の実施例に係るステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図3】 本発明の第3の実施例に係るステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【図4】 等加速度でステージを加速する場合のモータ推力の比較図である。

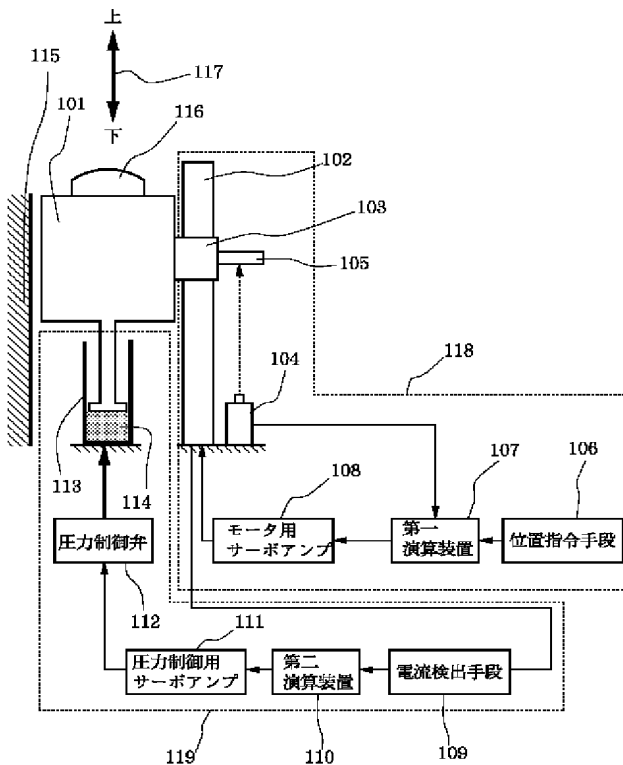
【図5】 従来例に係るステージ制御装置の構成を示すブロック図である。

【符号の説明】

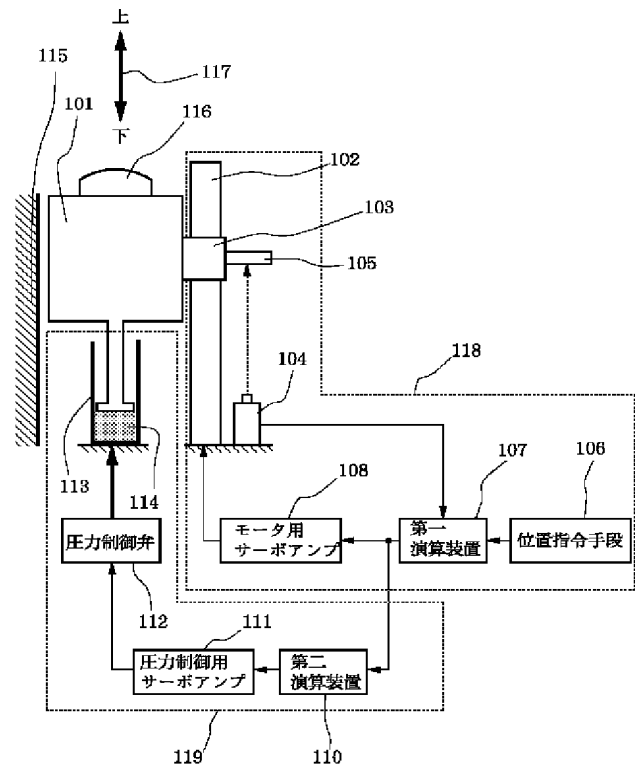
101：移動ステージ、102：リニアモータのコイル、103：リニアモータの磁石、104：レーザ測長器、105：反射鏡、106：位置指令装置、107：第1の演算装置、108：モータ用サーボアンプ、109：電流検出装置、110：第2の演算装置、111：

圧力制御用サーボアンプ、112：圧力制御弁、113：エアシリンダ、114：エア、115：ステージガイド、116：被加工物、117：ステージ移動方向、118：位置決め制御部、119：圧力補償制御部、301：回転型モータ、302：ネジ部、303：ナット部、501：圧力センサ、502：位置決め制御回路、503：圧力制御回路、504：圧力指令手段、505：圧力制御部。

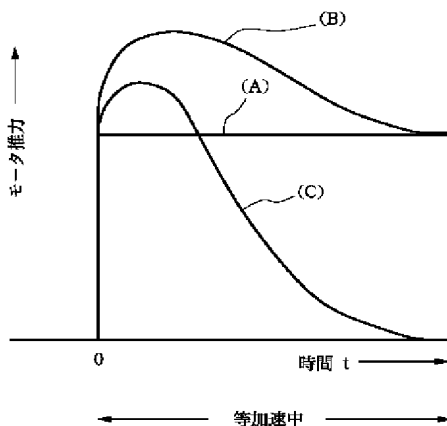
【図1】



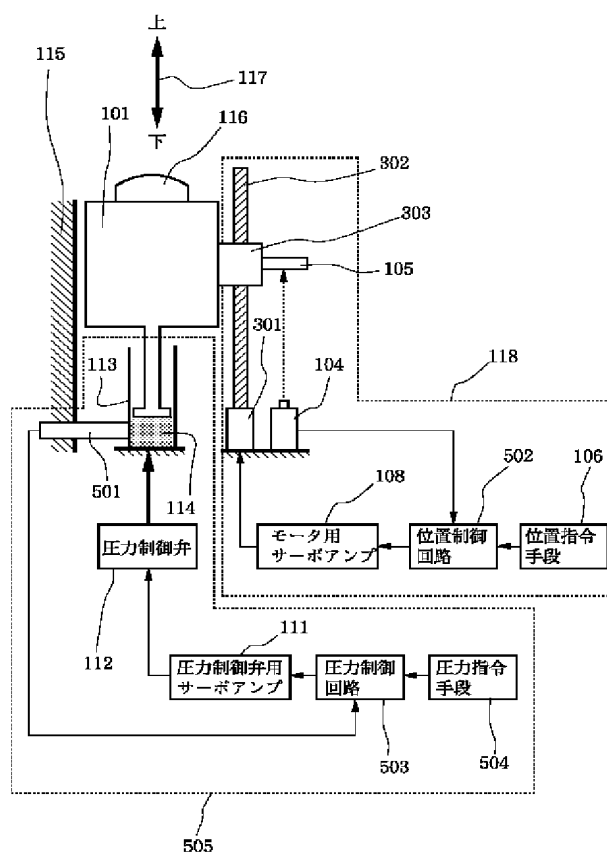
【図2】



【図4】



【例5】



PAT- NO: JP407295649A  
DOCUMENT- I DENT I F I E R: JP 07295649 A  
T I T L E: STAGE CONTROLLER  
PUBN- DATE: November 10, 1995

I N V E N T O R- I N F O R M A T I O N:

NAME	COUNTRY
DEGUCHI , AKI NOBU	

A S S I G N E E- I N F O R M A T I O N:

NAME	COUNTRY
CANON I N C	N/ A

APPL- NO: JP06107399  
APPL- DATE: April 25, 1994

I N T- C L ( I P C): G05D003/ 12 , B23Q015/ 24 , G05D003/ 00 ,  
H01L021/ 68

A B S T R A C T:

PURPOSE: To improve the response by employing a constitution which is more compact and lower in power consumption.

CONSTITUTION: This stage controller is equipped with a moving stage 101 which is provided movably in the gravitational direction, a positioning control part 118 which positions the moving stage in the gravitational direction under feedback control, and a gravity compensation control part 119 which compensates the gravity applied to the moving stage, and the



gravity compensation control part has a liquid cylinder 113 which gives a thrust force in the gravitational direction to the moving stage, pressure command signal output means 109, 110, and 111 which output pressure command signals on the basis of the signal of the positioning control part, and a pressure control means 112 which controls the pressure in the liquid cylinder on the basis of the pressure command signals.

COPYRIGHT: (C)1995, JPO